Resúmenes ejecutivos

Proyectos de innovación productiva y tecnológica para el departamento de La Paz



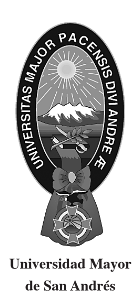
Universidad Mayor de San Andrés

Resúmenes ejecutivos

Proyectos de innovación productiva y tecnológica

Resúmenes ejecutivos

Proyectos de innovación productiva y tecnológica



Universidad Mayor de San Andrés



Departamento de Investigación, Postgrado e Interacción Social



Facultad de Ingeniería



Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo



Programa de Investigación Estratégica en Bolivia

La Paz, 2010

Esta publicación cuenta con el auspicio del Departamento de Investigación, Postgrado e Interacción Social de la Universidad Mayor de San Andrés (DIPGIS-UMSA), a través de la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Asdi), la Carrera de Ingeniería Industrial de la UMSA y la Embajada del Reino de los Países Bajos.

Proyectos de innovación productiva y tecnológica: resúmenes ejecutivos
Oswaldo Fernando Terán Modregón; Luis Enrique Terrazas Siles; Freddy Gutiérrez Barea; Armando Álvarez Quispe; Hugo Mobarec Clavijo. -- La Paz : Universidad Mayor de San Andrés; Departamento de Investigación, Postgrado e Interacción Social; Facultad de Ingeniería Industrial. Instituto de Investigaciones Industriales; Fundación PIEB, 2010.
ix; 65p.: fots., tbls., grafs.; 21cm.-- (Serie Investigaciones Coeditadas)

D.L. :
ISBN : : Encuadernado

PROYECTOS – INNOVACIÓN / INNOVACIÓN PRODUCTIVA Y TECNOLÓGICA / COMERCIO – FIBRA DE LLAMA / TECNOLOGÍA DE DESCERDADO / NORMAS DE CALIDAD - ESQUILA / INDUSTRIAL TEXTIL / MÉTODO DE ACOPIO / CALIDAD DE LA FIBRA / FIBRA DE LLAMA – PRECIO JUSTO / PRODUCCIÓN DE ENZIMAS / PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS / PROTEÍNAS / ENZIMAS – ORIGEN MICROBIANO / CONTAMINACIÓN AMBIENTAL / PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE / CENTRO DE NEGOCIOS ELECTRÓNICO / TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN / DESARROLLO ECONÓMICO / CADENAS PRODUCTIVAS / CADENAS DE COMPETITIVIDAD / ORO / EXPLOTACIÓN DEL ORO / COOPERATIVAS AURÍFERAS / PITITAS AURÍFERAS / RESIDUOS DE AMALGAMACIÓN / TECNOLOGÍA CENTRÍFUGA / MENAS AURÍFERAS / TARWI / TARWI – INDUSTRIALIZACIÓN / INDUSTRIALIZACIÓN HARINA DE TARWI / PLAGUICIDAS / CAMBIO TECNOLÓGICO / DESARROLLO TECNOLÓGICO / TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA / LA PAZ / CARABUCO / COROICO / PATACAMAYA

1. Serie

Av. Villazón 1995, Monoblock Central
Teléfonos: 2441690 - 2441481
Fax 2440232
Casilla 6042
La Paz - Bolivia

Edición: Mónica Navia
Diseño gráfico de cubierta: PIEB
Diagramación: Alfredo Revollo Jaén
Impresión:

Impreso en Bolivia
Printed in Bolivia

Índice

Presentación

A consecuencia de las crecientes necesidades de la población, la frágil estructura económica y social de Bolivia requiere encontrar nuevas formas de fortalecimiento mediante las cuales la búsqueda de soluciones debe conectarse con el mundo exterior de la tecnología, las inversiones, el conocimiento y el comercio mundial. Como en otros sectores dinámicos con fuerte contenido social, el *sector productivo* demandará en el tercer milenio más inversiones para mejorar las condiciones de producción y tecnología y para optimizar los problemas de competitividad y acceso a nuevos mercados, en busca de la sostenibilidad de empresas grandes, medianas y pequeñas, urbanas, rurales y comunitarias. En otras palabras, se requerirá mayor *articulación entre la innovación tecnológica y el comercio*, a fin de optimizar los procesos de toma de decisiones en materia de inversiones industriales, negocios y formulación de políticas públicas.

En este contexto, el Departamento de Investigación, Postgrado e Interacción Social (DIPGIS), la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) y el Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB) conformaron una alianza estratégica institucional con el fin de promover el desarrollo de proyectos de innovación productiva que beneficien a pequeños y medianos emprendimientos en territorio de provincias, municipios y comunidades del departamento de La Paz, en un contexto de sostenibilidad, investigación y desarrollo de mercados.

Sobre la base de estos principios, acordaron una convocatoria pública para la formulación de proyectos de prefactibilidad con sólidas bases

en estudios de investigación e innovación productiva que permitan generar productos con alto valor agregado y aceptados en el mercado local y/o externo. La convocatoria fue denominada "Desarrollo de proyectos de innovación productiva y tecnológica". La iniciativa cumplió con el objetivo de generar emprendimientos interdisciplinarios que aprovechen las oportunidades ofrecidas por la innovación tecnológica y la integración comercial regional.

De esta manera, la alianza interinstitucional aunó esfuerzos complementando sus misiones institucionales con un espíritu de asociatividad promotora del desarrollo económico, social y ambiental. Así, la UMSA cumple con su rol de entidad académica líder en formación superior, en investigación e interacción social. De este modo, busca aportar al desarrollo de la sociedad generando conocimiento y capacidades de investigación científica en el área productiva, mediante planes, programas y proyectos dirigidos al ámbito urbano y rural, con sólidos y beneficiosos impactos en los ámbitos económico, social y ambiental. Por su parte, el PIEB contribuye al desarrollo y fortalecimiento de la investigación científica promoviendo planes, programas y proyectos de desarrollo humano, productivo, social y ambiental.

En la presente edición, se presenta cinco resúmenes ejecutivos de igual número de proyectos que fueron seleccionados en el ámbito de la convocatoria pública y que merecieron el apoyo financiero para la formulación de los documentos de planificación en el nivel de preinversión. Consideramos que estos documentos son vitales para la gestión de financiamiento en la fase de inversión y en la consolidación del grupo interinstitucional ejecutor, en el que los productores generarán alianzas estratégicas con la UMSA, los gobiernos municipales locales y otras entidades afines al área productiva o comercial.

Los tiempos de cambio imponen la necesidad de que los profesionales asuman su rol de emprendedores competitivos, de líderes en innovación e investigación científica y desarrollo tecnológico, con vocación productiva y con valores éticos, capaces de contribuir al desarrollo productivo, económico y social de Bolivia, profundizando la interacción social. Los proyectos presentados en esta edición deben

constituirse en los pioneros de este nuevo proceso hacia la senda de la investigación pertinente y generadora de impactos positivos en la sociedad.

Dr. Tito Estevez Martini
Director del DIPGIS-UMSA

Ing. Fernando Sanabria Camacho
Vicedecano de la Facultad
de Ingeniería/UMSA

Lic. Godofredo Sandoval
Director del PIEB

Comercio justo de la fibra de llama en el municipio de Patacamaya



Camélido del altiplano boliviano. Fotografía: equipo de investigación.

Oswaldo Fernando Terán Modregón (coord.)

Paula Mónica Lino Humérez
Christian Manolo Roca Jiménez
Nancy Márquez Llusco
Rolando Cruz Ajuacho
Facultad de Ingeniería-Instituto de Investigaciones Industriales

1. Antecedentes y justificación

Bolivia cuenta con vastos recursos naturales en pelos finos debido a la gran población de llamas y alpacas con que se cuenta. Es uno de los principales países productores de camélidos del mundo, los cuales se encuentran particularmente en el altiplano, a los pies de la Cordillera de los Andes.

Tradicionalmente, la fibra de llama fue considerada de inferior calidad que la de alpaca. Sin embargo, como resultado de investigaciones recientes y gracias a los avances tecnológicos de descerdado, es hoy considerada, en el mundo textil, de calidad similar a la de alpaca. Así, el valor de la fibra es muy variable en función de la calidad y del grado de elaboración (fibra bruta, clasificada, hilada, tejida, confección). A nivel internacional, la industria textil ha incrementado rápidamente la demanda de fibra de llama así como los precios. Sin embargo, en términos económicos, en el ámbito de la cadena de competitividad, el campesino que se dedica a la crianza de este animal se ha beneficiado poco de este incremento.

El proceso de esquila en su generalidad se realiza de una manera rústica, con tijeras y en algunos casos con hojalata y se lo lleva a cabo en ambientes inadecuados, lo que ocasiona daño al ganado. Asimismo, este trabajo es realizado sin ninguna aplicación de normas de calidad.

Ante esta situación, es necesario incentivar la calidad promoviendo una cultura de calidad en la que se tome en cuenta una cuidadosa clasificación de fibras y una adecuada fijación de precios. Además, se deben mejorar los métodos de acopio, puesto que las características

de almacenamiento influyen económica y temporalmente en el proceso del hilado. Esto explica por qué las fibras se pueden encontrar sucias, impregnadas con tierra y agua o, en algunos casos, mezcladas con fibras de diferentes colores o especies de animales.

Si bien los criadores de ganado camélido logran comerciar de alguna manera los subproductos, éstos no llegan a recibir la remuneración o el valor equivalente al producto entregado. Este factor determina que el productor no considere al ganado camélido como fuente de ingresos familiares. A lo anterior se suma la presencia de los intermediarios dentro del proceso de comercialización, la que hace aún más grande la brecha entre productores e industriales.

Por las razones señaladas, el proyecto pretende beneficiar al criador de este ganado propiciando el establecimiento de normas de calidad, de finura y otros factores que permitan reconocer un precio justo a la fibra.

2. Objetivos del proyecto

Mejorar los ingresos económicos y capacidades tecnológicas del criador de camélidos incorporando el concepto de precio justo, al que se accederá mejorando la calidad de la fibra, en el marco de las normas aplicadas en la industria textil, mejorando las capacidades tecnológicas de los productores de camélidos.

3. Problemática que soluciona el proyecto

El vellón de llama contiene fibra fina y pelo grueso o cerda. La cerda se encuentra en mayor cantidad según la raza; es el caso de la *q'ara* (pelada), que tiene mayor porcentaje de cerda en comparación con la *t'amphulli* (lanuda), que alcanza mayores rendimientos por esquila. La presencia de cerda es lo que dificulta el procesamiento de la fibra, ya que se requiere un proceso de descerdado, ya sea de forma manual o mecánica. La fibra de llama es más fina que la de alpaca; ésta posee un diámetro de 21 a 22 micrones, aunque en apariencia es un poco menos brillante y más lacia que la fibra de alpaca, mientras que la fibra de alpaca posee un diámetro de 24 a 25 micrones. Gracias a las virtudes que tiene la lana en general, ha mantenido su posición preeminente en la competencia contra otras fibras de origen vegetal o sintético. Entre sus virtudes, se puede mencionar su gran porosidad y

capacidad de absorción de agua y su capacidad de generar calor por sí misma. Además, es un material muy liviano, elástico, transmisor de rayos ultravioleta, fácil de teñir, durable, de baja inflamabilidad y de fácil tejido y enfurtido. El enfurtido es un proceso tecnológico en el que el tejido de lana alcanza su apariencia gruesa, íntegra al tacto, así como una cierta estabilización. El proceso se ve impactado positivamente por la humedad, el calor y la presión.

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) ha desarrollado 21 normas técnicas para el procesamiento de la fibra de llama, desde la producción hasta la comercialización, considerando que la fibra de llama es la materia prima, en una primera etapa, para la fabricación de hilos y, en una segunda etapa, para la fabricación de confecciones y prendas de vestir.

4. Elementos innovadores del proyecto

El comercio justo o *Fair Trade* es una alternativa al comercio tradicional, ya que considera adicionalmente valores éticos, sociales y medioambientales. En este sentido, el comercio justo busca un intercambio justo y equitativo que permita a los pueblos productores vivir dignamente de su trabajo. A diferencia de éste, las relaciones comerciales tradicionales perjudican y empobrecen a los pueblos rurales, al obligarlos a vender sus productos a bajos precios, dejando de lado las necesidades de sus propias comunidades. El principio fundamental del comercio justo es garantizar a los productores y productoras un pago justo por su trabajo, así como condiciones laborales dignas y respetuosas con el medio ambiente. El comercio justo promueve también un consumo responsable basado en la plena conciencia de los consumidores y consumidoras.

Los principales criterios del comercio justo son:

- garantiza a los productores y productoras un salario justo por su trabajo.
- permite destinar una parte de sus beneficios a las necesidades básicas de sus comunidades: sanidad, educación, formación laboral y otras de índole social y ambiental.
- permite establecer una relación a largo plazo y se garantiza una parte del pago a los productos por adelantado; ambas

condiciones favorecen que las comunidades puedan planificar su desarrollo.

- evita la explotación laboral infantil.

5. Productos y servicios generados

Mediante el Centro de Investigación Textil (CITE Camélidos), se implementará un laboratorio de medición de variables de calidad de la fibra de camélidos que son de interés para la industria hilandera, para cubrir la demanda de los criadores y las asociaciones de criadores de alpacas y llamas de La Paz, Oruro y Potosí, así como de industrias e investigadores académicos.

6. Aspectos de mercado

6.1. Usuarios del CITE Camélidos

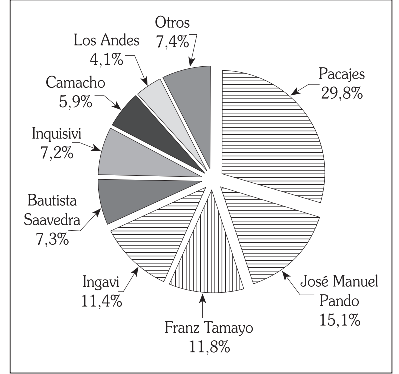
Se considera a los criadores de camélidos, a las industrias textiles y a los investigadores académicos usuarios del servicio del CITE Camélidos, que les brindará asesoramiento para la mejora de sus capacidades tecnológicas. En Bolivia, existen 53.708 familias criadoras de camélidos, de las cuales 51.997 crían llamas y 13.503 crían alpacas; algunas familias crían llamas y alpacas a la vez (Proyecto de Desarrollo de Criadores de Camélidos en el Altiplano Andino de Bolivia, UNEPCA, 2002). El promedio de camélidos es de 52 por familia. Las familias que crían llamas cuentan con 46 llamas; las familias que crían alpacas, con 31 animales.

El mercado potencial del CITE Camélidos, compuesto por criadores de camélidos, comprende los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Sucre y Tarija, los dos últimos con menor vocación productiva camélida. En la Figura 1, se muestra la distribución de camélidos por departamento y por provincias.

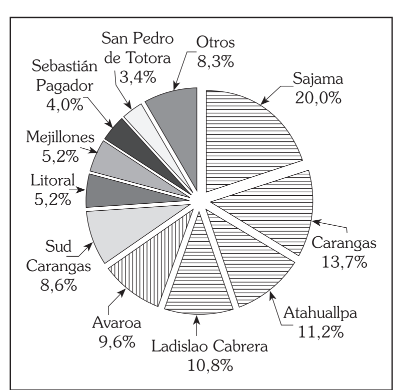
Figura 1. Bolivia: distribución de camélidos por departamentos y provincias

La Paz





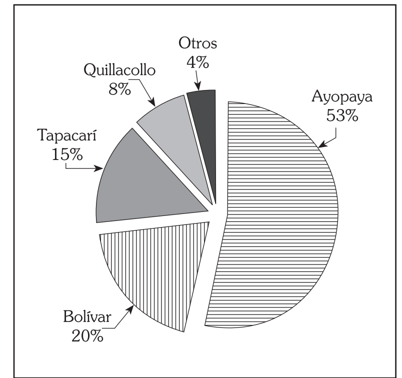
Oruro



Potosí

Otros
8%
Alonso Ibáñez
6%
Rafael
Bustillos
6%
Daniel
Campos
7%
Tomás
Frías
11%
Chayanta
13%
Nor Lípez
14%
Sud
Lípez
15%
Antonio Quijarro
20%

Cochabamba



Fuente: UNEPCA (2002).

En la figura, se clasificó a las provincias por tramas. Las que tienen trama de líneas horizontales, cuentan con un mayor número de camélidos en sus respectivos departamentos; son las que serán tomadas en cuenta con prioridad en el desarrollo del CITE Camélidos. La suma de todas las provincias con estas características alcanza un porcentaje mayor al 50% del total en cada departamento. Por ejemplo, en el departamento de Oruro, las provincias Sajama (20,0%), Carangas (13,7%), Atahuallpa (11,2%) y Ladislao Cabrera (10,8%) llegan al 55,7%. Las provincias que tienen tramas verticales tienen potencialidades que deben ser mejoradas; es el caso de la provincia Avaroa (9,6%). En el departamento de La Paz, tienen mayor número de camélidos las provincias Ingavi (11,4%), Pacajes (29,8%) y José Manuel Pando (15,1%). Como potencial a ser mejorado, se encuentra Franz Tamayo (11,8%), con que sobrepasan el 68% de camélidos del departamento.

6.2. Potencial de demanda de servicios

El potencial de solicitud de servicios que tienen los criadores individualmente no es elevado, sin embargo el CITE Camélidos propiciará programas por asociaciones, por comunidades y por organizaciones de camélidos.

Cuadro 1. Bolivia: número de familias criadoras de camélidos y número de camélidos por familia en los principales departamentos productores

Detalle	La Paz	Oruro	Potosí	Cochabamba
Familias criadoras de camélidos	**10.870**	**17.539**	**22.093**	**3.168**
Llamas	9.228	17.478	22.093	3.163
Alpacas	4.710	3.708	5.140	45
Promedio de camélidos por familia	**47**	**80**	**37**	**31**
Llamas	32	69	36	31
Alpacas	45	52	2	20

Fuente: UNEPCA (2002).

El débil relacionamiento de campesinos con el mercado formal determina que la esquila de este ganado se realice una vez al año, e

inclusive en algunas regiones una vez cada dos años. Esto da lugar a que los productores tengan bajos ingresos por esta actividad. El CITE Camélidos propenderá a que el costo de producción se optimice sobre la base de un manejo asociativo de los gastos de capacitación, asistencia técnica, laboratorios, pastoreo, antiparasitarios, vitaminas, calcio y servicios de dosificación. De esta manera, también se podrá optimizar los ingresos, sobre la base de la venta de fibra blanca y de colores (con precios justos: para la fibra de llama, de 20 Bs/kg de fibra blanca y de 12 Bs/kg de fibra de colores; para la fibra de alpaca, de 66 Bs/kg de fibra blanca y de 31 Bs/kg de fibra de color), así como de la venta de cuero y de carne.

Un importante motivo para la solicitud de servicios del CITE Camélidos es que los productores tendrán certificados que acrediten la calidad de sus fibras y podrán emplear esta herramienta para negociar precios.

7. Localización

Viacha es la primera sección de la provincia Ingavi del departamento de La Paz. Tiene como capital a la ciudad de Viacha. En ésta se encuentra la sede del Gobierno Municipal. Viacha forma parte del Complejo Metropolitano del departamento de La Paz, junto a los municipios de El Alto, La Paz, Achocalla, Palca, Mecapaca y Laja. La certificadora estará ubicada en la provincia Ingavi, la segunda provincia con mayor cantidad de llamas en este departamento, con un 19,2% del total departamental, después de la provincia Pacajes, que tiene el 31,6%.

8. EL CITE en el *Cluster* de camélidos

El laboratorio del CITE Camélidos forma parte del *Cluster* Productores de Camélidos-Industrias textiles-Universidad-Municipios. Por ello, requiere de la intervención de instituciones capaces de otorgar al sector camélido el marco de competitividad necesario para constituirse en un rubro exitoso tanto desde el punto de vista económico, productivo y social, como en términos de sostenibilidad sectorial en el ámbito de la cadena de competitividad textil.

9. Plan de inversiones

Las inversiones para el proyecto se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Inversiones del CITE Camélidos (US$)

Ítem	US$
Activos fijos	**290.519**
Equipos de laboratorio	152.162
Obras civiles	81.164
Vehículos	53.548
Muebles y enseres	3.645
Activos diferidos	**5.484**
Estudios	1.496
Organización	1.994
Capacitación y difusión	1.994
Capital de trabajo	**1.311**
Total inversiones	**297.314**

Fuente: elaboración propia, diciembre 2009.

10. Evaluación económica y social

Los ingresos del CITE Camélidos provienen de los servicios generados en beneficio de los productores de camélidos, industrias textiles y la comunidad académica, científica y tecnológica, tanto local como externa. La evaluación económica del proyecto es positiva y la tasa interna de retorno alcanza a 19%, en el marco de sostenibilidad económica y financiera.

La evaluación social refleja un impacto interesante en el ámbito de la población beneficiada: un total de 10.870 familias en el departamento de La Paz y de 17.539 en el de Oruro, junto a otras 22.093 en Potosí y 3.168 en Cochabamba, que se pueden incorporar a la actividad productiva de camélidos en un nivel de mayor significación. La reactivación de la producción de fibra de llama determinará que, en el ámbito del comercio justo, se incremente la producción, el valor agregado y la contribución a las exportaciones, lo que significará mayores empleos directos e indirectos.

Asimismo, el sector se beneficiará con la transferencia tecnológica que recibirán hombres y mujeres que participan en la crianza y en el aprovechamiento de la llama. La participación de la Universidad Mayor de San Andrés es un elemento clave para dicho cometido. Su acción será de tipo multidisciplinario debido a que se requiere investigación genética, alimentos, métodos de crianza, industrialización, metodologías de consolidación de mecanismos de comercio justo así como promoción y negociaciones.

11. Conclusiones

El proyecto impulsará el desarrollo rural, y éste tendrá notorios impactos de tipo económico y social en La Paz, Oruro y Potosí. Este emprendimiento tiene la visión de responder a la demanda de la fibra de camélidos en el mercado local y mundial, especialmente en Europa y Asia, que tienen la mayor participación. El proyecto promoverá el mejoramiento de la cría de ganado, el mejoramiento de sus procedimientos de acopio y la consolidación de mercados que ofrezcan precios mejores que los actuales.

12. Bibliografía

Cámara de Exportadores (CAMEX). *ABC del exportador*. La Paz.

Centro de Comercio Internacional (2000). *Business Management System*. Centro de Comercio Internacional.

Centro de Promoción Bolivia (Ceprobol) (2007). *Cómo Exportar*. La Paz: CEPROBOL.

CIOEC-Bolivia (2008). *Censo Nacional de OECAs. La Paz:* CIOEC-Bolivia.

Gacén, J. (1999). *Fibras textiles. UPC.*

Gobierno Municipal de Viacha (2007). *Plan de Desarrollo Municipal.*

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) (1999). *Normas.*

Ministerio de Desarrollo Rural y Medio Ambiente (MDRA y MA) y Programa de Apoyo a la Seguridad Alimentaria (PASA) (2008). El Proyecto Nacional de Desarrollo Integral de Camélidos Sudamericanos.

Programa Regional de Fomento de los Camélidos Sudamericanos (PRORECA) (2004). *Estudio identificación, mapeo y análisis competitivo de la cadena productiva de camélidos y encuestas personales con asociaciones.*

Rocha Caetano D. (2004). *Estudio de factibilidad para la producción de prendas de pelo de conejo y algodón* (Lic. Ingeniería Industrial). La Paz: UMSA.

Segales Oviedo M. (2003). *Gestión de producción y administración en LLAMACTIVA S.A.* (Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial). La Paz: UMSA.

Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (Senasag) (2008). *Catastro ganadero.* Elaboración UGP/MDRAyMA,

UNEPCA (1997). *Censo nacional de llamas y alpacas.* Oruro, Bolivia.

UNEPCA (2002). *Sector económico de los camélidos en Bolivia* [CD-ROM]. Oruro, Bolivia.

USTER (2008). *Catálogo de equipos.*

Autores

Oswaldo Fernando Terán Modregón: Magister en Ingeniería Industrial, Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: oteran@umsa.edu.bo.

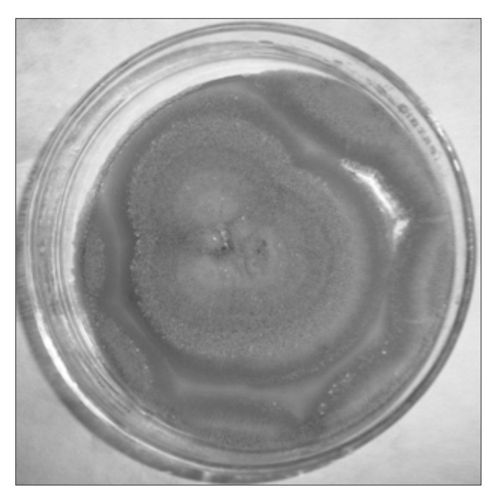
Paula Mónica Lino Humerez: Licenciada en Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: pamolihu@yahoo.es.

Christian Manolo Roca Jiménez: Egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés.

Nancy Márquez Llusco: Egresada de la Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés.

Rolando Cruz Ajuacho: Egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés.

Producción de enzimas para el sector productivo industrial



Vista macroscópica de la cepa IB-105 en medio APD.
Fotografía. equipo de investigación.

Enrique Terrazas Siles (coord.)

Daysy Torrico Sevilla
José Luis Vila
Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas-Instituto de Investigaciones Fármaco-Bioquímicas
Facultad de Ingeniería-Instituto de Investigaciones de Desarrollo de Procesos Químicos
Facultad de Ciencias Puras y Naturales-Instituto de Investigaciones Químicas

1. Antecedentes y justificación

Bolivia es un país diverso en áreas geográficas. Cada una de éstas cuenta con abundante diversidad microbiana productora de una gran variedad de enzimas de origen microbiano, que son proteínas que aceleran las reacciones químicas de forma ecológica sin dañar el medioambiente. La producción a nivel de laboratorio fue desarrollada en el Instituto de Investigaciones Fármaco-Bioquímicas, el Instituto de Investigaciones y Desarrollo de Procesos Químicos de la UMSA y la Universidad de Lund (Suecia). En Bolivia no existen antecedentes de implementación de una planta piloto para la producción de enzimas. Este proyecto plantea el montaje y equipamiento de la primera planta piloto, como paso previo a la transferencia de tecnología al sector productivo. La visión de este proyecto es convertirse en el primer centro de producción de enzimas a nivel latinoamericano.

La industria textil es una de las mayores productoras de efluentes líquidos, que son tóxicos para el medioambiente. Por esto, uno de los objetivos de los tratamientos textiles modernos es obtener el efecto deseado en las fibras utilizando procesos que conlleven el mínimo impacto ambiental. Una alternativa son los procesos biotecnológicos que emplean enzimas. Las enzimas son proteínas que aceleran las reacciones químicas; éstas son específicas bajo condiciones moderadas de pH y temperatura y son biodegradables.

Por otro lado, estas enzimas pueden aplicarse también en el beneficiado de cereales con el correspondiente ahorro de energía, de tiempo, de agua, etcétera. Específicamente se han desarrollado avances en el beneficiado de quinua, que es uno de los productos de exportación más importantes de Bolivia, sobre todo por el crecimiento que se ha

presentado en los últimos años. Actualmente se exporta alrededor de 28.000 ton quinua al año.

Las enzimas de origen microbiano son altamente rentables debido a la gran capacidad de multiplicación de los microorganismos y el desarrollo de éstos en medios de cultivo baratos.

2. Objetivos del proyecto

- Implementar una planta piloto de 1.000 litros de capacidad para la producción de enzimas de origen microbiano para el sector industrial.
- Disminuir el impacto de la contaminación ambiental mediante el reemplazo de métodos tradicionales en la industria con estrategias biotecnológicas económicas y ecológicas.

3. Problemática que soluciona el proyecto

En la industria textil, el proyecto atenúa el problema de la contaminación ambiental por reemplazo de agentes oxidantes químicos como el hipoclorito en el proceso de blanqueo y la disminución del uso de piedras pómez en el desgaste de los textiles. Otro problema que pretende resolver el proyecto es el debilitamiento de la cáscara de quinua y de patatas, lo cual ayudaría en el procesamiento de pelado y beneficiado de estos productos.

4. Elementos innovadores del proyecto

4.1. Enzimas en la industria textil

Como las fibras textiles están compuestas básicamente de celulosa, las celulasas actúan sobre ellas degradándolas. Aprovechando esta característica, las celulasas se pueden aplicar en la industria textil en las siguientes etapas:

Terminado de las telas. Las celulasas degradan las fibras de la superficie (fibras sueltas y microfibrillas) haciendo a los tejidos más lisos y blandos. Esta técnica se conoce como biopulido.

Stonewashed. Es el proceso que utiliza piedra pómez para desgastar el color de los *jeans* (pantalones de mezclilla). Sin embargo, causa el desgaste rápido de las máquinas, y provoca gran abrasión, que empeora la calidad de la tela y causa problemas ambientales, ya que se generan efluentes no biodegradables. Las ventajas de la utilización de celulasas en este proceso es que éstas son económicas, de calidad y, además, ambientales. Al respecto, se han realizado algunas pruebas preliminares, pero aún no se tienen resultados concretos. Se tienen datos bibliográficos de que con este proceso se podrían reducir los costos en un 70%.

4.2. Enzimas en el beneficiado de la quinua

No se tiene datos bibliográficos, sólo los obtenidos a nivel de laboratorio, luego de pruebas preliminares:

- *Reducción de costos.* Se tiene como dato que el costo actual del beneficiado de la quinua es de 96 US$/ton (fuente directa de información); con la enzima que se quiere producir (500 UI/ml), se utilizarían 400 ml (0,04% v/peso), con un costo de 40 US$/ton de quinua.
- *Menor consumo de agua.* Con el proceso tradicional, se gastan aproximadamente 10 m^3/ton de quinua; mediante la utilización de enzimas, se reduciría este volumen en un 50%.
- *Reducción del tiempo de beneficiado.* Aproximadamente, se puede ahorrar un 25%, con relación al tiempo que toma el proceso tradicional, que es de ocho horas aproximadamente para 100 qq.

4.3. La Planta Piloto

Inicialmente las enzimas se producirán en forma líquida. Posteriormente, se ha considerado su purificación y secado para ser comercializadas en polvo o escamas, obviamente con mayores unidades de actividad y, consecuentemente, a mayor precio. Esto quiere decir que la mayor parte de la producción será destinada para el mercado masivo y en un menor porcentaje (alrededor de un 25%) para un mercado más exigente, de exportación.

Un aspecto importante a destacar es que en este proyecto se trabajará con microorganismos nativos que han sido aislados del altiplano, lo cual incide en la exención del pago de patentes por el uso de éstos. Es por esta razón que se tiene un producto competitivo desde el punto de vista de los precios, lo que inclusive va a permitir su exportación. De no ser así, sería inevitable el aumento de precio del producto.

Se ha determinado que el nivel máximo de producción es de 180 litros/mes de enzimas con una capacidad catalítica de 500 UI/mes, capacidad limitada por el tamaño de la planta piloto de 1.000 litros. La Figura 1 muestra la distribución de equipos y el proceso productivo establecido.

5. Localización de la planta piloto

Se recomienda que la planta piloto sea ubicada en los predios de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas que se encuentran en el Campus Universitario de la Universidad Mayor de San Andrés, situado en el barrio de Cota Cota de la zona sur de la ciudad de La Paz.

6. Aplicaciones del producto

6.1. Industria manufacturera textil

Las enzimas se utilizan en la industria de textiles para el desteñido y desgaste de prendas de mezclilla. Actualmente esta actividad se realiza en lavadoras especiales con piedras pómez, lo que representa gastos energéticos fuertes, altos costos de transporte de las piedras y escasa vida útil de las máquinas. El reemplazo de las piedras pómez con las enzimas obviamente disminuirá los costos mencionados. En la formulación de enjuagues para el lavado de telas, se las obtendrá libres de pelusas. Este producto será destinado para el uso de lavanderías, textiles, fabricantes de ropa y para uso doméstico. El empleo de celulasas también es útil como *bioblanqueador*, porque actúa decolorando al retirar fibras de algodón teñidas en las prendas elaboradas. De esta manera, se reduce cuantiosos empleos de decolorantes químicos y solventes, y, de esta manera, la generación de agua de desecho industrial. Este efecto es compatible con el cuidado del medio ambiente.

Figura 1. Planta piloto



Fuente: elaboración propia

6.2. Alimento balanceado

Uno de los objetivos de este proyecto es el empleo de estas enzimas en el área rural. En efecto, estas enzimas serán aplicadas para el mejoramiento del forraje del ganado, especialmente en el altiplano, donde los materiales *lignocelulósicos* que se disponen son de difícil digestión y asimilación, lo que incide en la calidad de la carne. Las celulasas promueven la liberación de nutrientes de alimentos de origen vegetal (forraje) y mejoran su conversión en alimento. La actividad de las celulasas induce la producción de enzimas digestivas y mejora tanto la digestión como la absorción de nutrientes. Las celulasas promueven el crecimiento de bacterias prebióticas e inhibe a las bacterias patógenas, ayudando al sistema inmune de los animales. Ayudan también a la absorción de nitrógeno y fósforo, reduciendo la contaminación ambiental. La aplicación de celulasa en la avicultura permite a los pollos ganar en peso, incrementar la producción de huevos y reducir desórdenes digestivos como la diarrea nutricional causada por la fibra vegetal de difícil digestión. También reduce el volumen fecal y la excreción de nitrógeno.

6.3. Procesamiento de alimentos

Estas enzimas serán aplicadas en la industria de cereales para el pelado de las cáscaras de arroz y de quinua, con el correspondiente ahorro de tiempo y energía. Actualmente se están realizando pruebas para el caso de la quinua con resultados prometedores. Las celulasas son también útiles para el ablandamiento de la cáscara de las frutas, de los tubérculos, etcétera. Esto ayudará a su pelado y a su descascaramiento, lo que es tradicionalmente mecánico y costoso.

6.4. Producción de biocombustibles y fertilizantes

En la producción de biocombustibles a partir de residuos lignocelulósicos para el pretratamiento de las materias primas, se han obtenido resultados preliminares exitosos. Para el compostaje de residuos y para la obtención de bioabono y biogas, estos residuos, que por los métodos tradicionales son degradados por consorcios de microorganismos existentes en la misma biomasa, podrían mejorarse realizando un pretratamiento con las enzimas. Esto coadyuvará a la mejor accesibilidad del sustrato a los microorganismos, con la reducción consecuente de los tiempos de duración de los procesos mencionados y el aumento de la productividad.

7. Mercado objetivo

Inicialmente, se ha planteado un segmento de mercado tomando en cuenta tres sectores: textiles, pelado de granos y pelado de papas. En base a datos estadísticos, se tiene un mercado global que correspondería al total de los volúmenes de los tres sectores, luego un mercado potencial tomando en cuenta sólo los sectores más grandes en los tres rubros y finalmente un mercado objetivo limitado por la capacidad de la planta, que es la de producir sólo un volumen de 180 litros/mes de las enzimas con una actividad enzimática de 500 UI/ml, tomando en cuenta su uso del 0,04% (v/peso). Se aplicarán adecuadas estrategias de mercadeo, de precios, de promoción, de publicidad, de distribución, y se prestará atención a la seriedad y el cumplimiento. El precio estimado en el proyecto es de 100 dólares por litro de celulosa de 500 UI/ml (Figura 2).

Figura 2. Mercado global, potencial y objetivo

Mercado global
Industrias textileras, biocombustibles, agrícola, alimenticia, pelado de granos (arroz, quinua, soya), tubérculos (papa), industria farmacéutica (2.726.943 TM/año), textileras (850.000 TM/año)

Mercado potencial
Industrias de granos: pelado de arroz, quinua, soya y tubérculos (papa) (818.033 TM/año) y textileras (110.000 TM/año)

Mercado objetivo
6% del mercado potencial. Granos (arroz, quinua, soya), tubérculos (papa) y textiles (54.000 TM/año)

Fuente: elaboración propia

8. Inversiones

En el Cuadro 1, se presenta la estructura de inversiones del proyecto.

Cuadro 1. Inversiones del proyecto (US$)

Ítem	Monto
Activos fijos	**183.030**
Equipos y maquinaria	183.030
Activos diferidos	**2.050**
Organización	2.050
Capital de trabajo	**7.806**
Total inversiones	**192.886**

Fuente: elaboración propia a diciembre, 2009.

9. Evaluación económica, social y ambiental

Los indicadores del proyecto bajo una tasa de descuento de 16%, muestran un VAN de US$ 23.280,68, una TIR de 21% que respaldan la ejecución del proyecto. Estos datos fueron obtenidos realizando una proyección de cinco años. Otro aporte a la economía nacional y regional se reflejará por la dinámica de las exportaciones. Desde el punto de vista social, este emprendimiento contribuirá a generar fuentes de empleos en el área urbana y rural, tanto directas como indirectas. También es significativa la contribución del proyecto al medio ambiente, mediante el desarrollo de investigación generada por el equipo de investigadores de la Universidad Mayor de San Andrés.

10. Conclusiones

Este emprendimiento se enfoca en la elaboración y comercialización de la enzima del grupo de las celulasas en una planta piloto para su uso en la industria textil, en el beneficiado de la quinua así como en el descascarado de arroz y de patatas. Las enzimas con impacto industrial son un producto nuevo en el mercado boliviano. El proyecto pretende brindar comodidad al cliente en los diferentes procesos de fabricación. En los textiles se interviene en las fases de hilado, teñido y acabado de los tejidos con el objetivo de limpiar la superficie, retirar las pilosidades y mejorar la suavidad. En el caso de los cereales, se pretende facilitar su pelado y beneficiado. En este proyecto, se plantea la producción a escala piloto de 1.000 litros, como una estrategia segura de transferir la tecnología al sector productivo; se pretende producir 180 litros de enzima con una actividad enzimática de 500 UI/ml.

Se ha previsto un precio de venta de la enzima de 100 US$ por litro. Este precio se encuentra por debajo del precio de productos similares como el celluclast (1,5 l), producido por NOVOENZIMES, que se oferta a un precio de 20 US$/litro, pero sólo con 80 UI/ml.

La producción a nivel de laboratorio fue desarrollada en el Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas, en el Instituto de Investigaciones y Desarrollo de Procesos Químicos de la UMSA y la Universidad de Lund (Suecia). Actualmente se realizan investigaciones sobre la aplicación de las enzimas en los rubros indicados con resultados prometedores. En el caso de la quinua, utilizando un 0,04% (v/peso quinua) de la enzima que se quiere producir, se puede reducir los costos de beneficiado en un 20%. Actualmente estos costos ascienden a 96 US$/TON de quinua; con la enzima, se podría reducir a 80 US$.

11. Bibliografía

Axelsson, J.; U. Nilsson; E. Terrazas; T. Álvarez; U. (2006). "Welander. Decolorization of textile dyes Reactive Red 2 and Reactive Blue 4 using Bjerkandera sp strain Bol 13 in a continuous rotating biological contactor reactor". *Enzyme and Microbial Technology Journal*. Vol 39: 32-37.

Cabero, C.; D. Torrico; E. Terrazas Siles (2007*). Producción de celulasas de hongos del altiplano*. [Tesis de Ingeniería química]. La Paz: UMSA.

Calle, J.; T. Álvarez; A. Jiménez; E. Terrazas Siles (2007). "Optimización de las condiciones de cultivo para la producción de Enzimas Redox por *Aspergillus niger* QD y *Pestalotia sp* 2iQRJ". *Rev BIOFARBO.* Vol 15 Dic.

Gurachi, M.; E. Terrazas Siles; A. Gimenez (2008). "Crecimiento, actividad oxidasa y peroxidasa en callos de *Galipea longiflora* K cultivadas en medio MS, con variación en la concentración sacarosa, nitrógeno, y fosafato". *Rev, BIOFARBO.* vol 16. Dic: 42.

Kirt, TK; Farrell, RL. *Enzymatic "combustion": the microbial degradation of lignin.* Annu Rev Microbiol 1987; 41: 465-505.

Manzano, A.M., T. León; J. Argüelles (2004). "Hongos de la podredumbre blanca con capacidad Ligninolítica y acción decolorante sobre el violeta cristal". *Rev Biología.* 18: 123-127.

Nam Sun Wnag (2006). *Experiment No. 4 Glucosse Assay by Dinitrosalicylic Colorimetric Method*. Consultado en febrero 1, 2007 en URL: http://www.glue.umd.edu/~NSW/ench485/ench485.htm

P Duran (2000). *Bioprocess Engineering Principles*. USA: Academic Press.

Per-Olof Larsson, Tillämpad Biokemi (2000). *Enzyme Technology.* Ed 2. Lund Media-Tryck, Lund University. Pp 3.

Ríos, N; E. Terrazas Siles; T. Álvarez; A. Jiménez (2007). "Aislamiento de cepas anaeróbicas termófilas productoras de celulasas y hemicelulasas implicadas en la producción de Bioetanol mediante técnicas de cultivo y aislamientos tradicionales y no tradicionales". *Rev BIOFARBO*. Vol 15. Dic.

Spiegel, M. (1991). *Estadística*. Ed 2. Colombia: Mc Graw Hill.

Stephen D.; W. Adney; E. Jennings; T. Vinzant y M. Himmel (2003). *Automated Filter Paper Assay for Determination of Cellulase Activity.* Consultado en noviembre 16, 2006 en URL: http://www.nrel.gov/docs/gen/fy03/34418.pdf

Sterberg, D. y S. Dorval (1979). "Cellulase Production and Ammonia Metabolism in *Trichoderma reesei* on High Levels of Cellulose" en *Biotechnology and Bioengineering*, Vol XXI. Pp. 187.

Sven-Olof Enfors (2000). *Bioprocess Technology and Applications.* Stockholm: Royal Institute of Technology.

Tengborg, Ch. (2000); Wainwright, M. (1995). *Introducción a la biotecnología de los hongos.* Ed 1. Zaragoza:Editorial ACRIBA S.A. Pp 2, 11.

Terrazas Siles, L.E. (2005). *Fungal Redox Enzymes Envolved in the oxitation of organic pollutants* [Doctoral thesis]. Lund University, Suecia, 2005. Ed 1. Lund Media-Tryck, Lund University. Pp 2.

Usnayo, P.; E. Terrazas Siles; A. Jiménez (2007). *Producción de lacasas y peroxidasa a partir de hongos del altiplano* [Tesis de Bioquímica]. La Paz: UMSA.

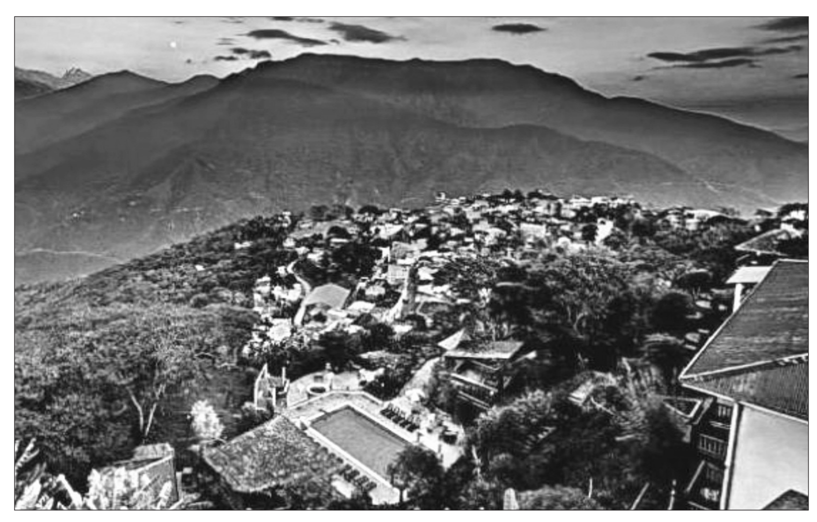
Autores

Enrique Terrazas Siles: Doctor en Bioquímica y Farmacia. Área de Biotecnología, Instituto de Investigaciones Fármaco-Bioquímicas, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. Universidad Mayor de San Andrés. Email: enrique.terrazas@yahoo.com.

Daysy Torrico Sevilla: Magister. Instituto de Investigaciones de Desarrollo de Procesos Químicos, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: daysitor@latinmail.com.

José Luis Vila: Doctorado en Ingeniería Química. Instituto de Investigaciones Químicas, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés. jvila@umsa.bo

Centro de Negocios Electrónico para el municipio de Coroico



Vista panorámica de Coroico. Fotografía: equipo de investigación.

Freddy Gutiérrez Barea (coord.)

Marcelo Álvarez Ulloa
Gayle Quinteros Hernández
Benjamín Siles Ballivián
Facultad de Ingeniería-Instituto de Investigaciones Industriales
Carrera de Informática-Facultad de Ciencias Puras y Naturales

1. Antecedentes y justificación

El Plan Social de Desarrollo Productivo define al Centro de Negocios Electrónico como: "una empresa que incorpora las Tecnologías de la Información y la Comunicación al desarrollo de su actividad y modelos de negocio y/o tecnologías que facilitan el comercio de productos, servicios, capacitación e información a través de redes públicas"[1].

El concepto de centro de negocios electrónico es incipiente en Bolivia, pero en otros países es una herramienta de apoyo a los negocios, especialmente en el área rural. En la actualidad, las empresas líderes están orientando sus actividades al apoyo del desarrollo económico, social y ambiental de las regiones y comunidades.

Una de las claves del éxito de un centro de negocios electrónico es precisamente la eliminación de la incompatibilidad entre riqueza y accesibilidad de información. Se han superado en el mundo los procesos en los que un flujo rico de información era posible obtener solamente a través del uso focalizado de selectos canales para pequeñas audiencias; esta incompatibilidad se ha eliminado gracias al desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), entre las que se encuentra la red Internet. Destaca también la estrecha relación que guarda con la gestión empresarial avanzada, como catalizadora de los cambios que puedan darse en los modelos de gestión de la información y negocios.

De este modo, en los centros de negocios electrónicos se forman facilitadores y promotores comunitarios, no solamente en aspectos

1 En: *Herramientas del Plan Social de Desarrollo Productivo*, Vol. 1, 2008, p.).

técnicos de información y comunicación sino también en los usos estratégicos de las tecnologías digitales para el cambio social. El local del centro de negocios es un espacio físico de encuentro e intercambio, un espacio de aprendizaje, de crecimiento personal y de movilización para resolver tanto problemas como necesidades de la comunidad.

2. Objetivos del proyecto

2.1. Objetivo general

Establecer el Centro de Negocios Electrónico para el municipio de Coroico para apoyar al desarrollo de las actividades económicas, productivas, sociales y ambientales mediante la incorporación y el uso de las TIC y que coadyuve a la reducción de la brecha digital en la región.

2.2. Objetivos específicos

a. Sensibilizar a los beneficiarios[2] acerca de las ventajas de las TIC.
b. Capacitar a los agentes de enlace[3] para que puedan dar el soporte adecuado al sector productivo y empresarial.
c. Brindar asesoramiento en la gestión de información tecnológica y empresarial.
d. Facilitar el acceso a las TIC.
e. Promover la articulación de las cadenas productivas.
f. Generar asociatividad entre productores y otros actores de las cadenas de competitividad.
g. Fomentar el espíritu emprendedor de los beneficiarios.
h. Generar nuevas oportunidades de negocio en el Municipio de Coroico.

3. Problemática que soluciona el proyecto

Debido a la falta de uso, de acceso y de aplicación de las TIC principalmente en el área rural, se ha generado una profundización de

---

2 Productores y agentes de las cadenas de competitividad del municipio de Coroico.
3 Personal calificado para ser facilitador del encuentro entre los beneficiarios y las fuentes de información.

la brecha digital. Esto genera un desconocimiento de los beneficios que puede traer consigo un buen manejo de las mismas en sectores productivos, de servicios y de promoción económica, productiva, comercial y turística. Si bien es cierto que ya hay avances en las políticas nacionales para la implementación de las TIC y para la reducción de la brecha digital, no se ha trabajado en mecanismos de aplicación directa en el ámbito del desarrollo productivo en las provincias y comunidades, por lo que se tiene aún un limitado acceso a la red Internet y a la telefonía pública.

4. Elementos innovadores del proyecto

El Centro de Negocios Electrónico en Coroico permitirá fusionar el acceso a las TIC y promover el desarrollo y la promoción económica para la población beneficiaria al otorgarle una infraestructura que le permitirá contar con servicios como: acceso a la red Internet, telefonía pública, asesoramiento técnico en gestión de información, promoción comercial de productos, generación de negocios y contactos para desarrollo de inversiones, infraestructura para capacitaciones en manejo y uso de herramientas TIC (cursos de aplicaciones Office, Windows, Internet y otros paquetes computacionales de interés para la comunidad).

El Centro promoverá la asociatividad entre la población en general así como entre productores y empresarios locales y extranjeros, generando condiciones para la comercialización de productos y servicios, y para mejorar su competitividad. Otro elemento innovador es la capacidad del Centro para organizar programas que integren a la juventud y a la niñez (nivel educativo básico y medio) de las comunidades del municipio de Coroico en el proceso de reducción de la brecha digital y del manejo de las tecnologías TIC en beneficio de su formación individual y comunitaria.

5. Servicios generados por el Centro de Negocios Electrónico

5.1. Capacitación y asistencia técnica

Una de las principales funciones que cumplirá el Centro es desarrollar cursos de capacitación accesibles a la población, tanto en el ámbito de las TIC como en el ámbito de la gestión de información productiva,

tecnológica y comercial. En el Cuadro 1, se detalla el contenido básico de estos cursos.

Cuadro 1. Descripción de los servicios de capacitación

Servicio	Descripción
Tecnologías TIC	Enseñanza del uso de la computadora, de principales paquetes informáticos y del uso y aplicaciones de la red Internet.
Gestión de información	Manejo, búsqueda y procesamiento de información de capacitación y asistencia técnica en producción, materias primas e insumos, normas de calidad para productos de la región, maquinaria, tecnología y mercados. Gestión de información para toma de decisiones, búsqueda de mercados, tecnologías, socios de inversiones y financiamiento para los beneficiarios del municipio de Coroico.
Otros	Cursos virtuales generados por la UMSA desde La Paz, en el ámbito de las ciencias sociales, económicas, naturales, del turismo, de idiomas y de otras ramas de importancia para la formación educativa de los habitantes de Coroico.

Fuente: elaboración propia.

5.3. Servicios de telecomunicaciones

Los servicios de telecomunicaciones descritos en el Cuadro 2, darán sostenibilidad al Centro, lo que será retribuido con el fin social de este emprendimiento, orientado a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de Coroico.

Cuadro 2. Descripción de los servicios de telecomunicaciones

Servicio	Descripción
Café Internet	Es imprescindible contar con este servicio por la naturaleza del proyecto, que requiere de la Internet para poder realizar sus operaciones. Por otro lado, es necesario aprovechar la conectividad para poder ofrecerla al público en general; de este modo, podrá acceder cualquier persona que resida en Coroico o que visite el municipio.
Cabinas telefónicas	Debido a que es un municipio muy concurrido por turistas y a que las personas que residen en el lugar tienen la necesidad de ponerse en contacto con sus parientes y amistades, se ha pensado en ofrecer el servicio de cabinas telefónicas, lo que representa un ingreso adicional para el Centro, lo cual permitirá brindar ingresos, principalmente, y sostenibilidad.
Venta de tarjetas prepago	Las tarjetas prepago para celulares, por la necesidad de carga de crédito para celulares, son muy requeridas, ya que el 72% de la personas hacen uso de las mismas en el municipio.

Fuente: elaboración propia.

5.4. Página web y base de datos

Con la finalidad de almacenar la información necesaria para satisfacer las necesidades de la población de Coroico, se desarrollará una base de datos con información variada sobre el establecimiento de negocios, la cual estará disponible a través de una página web a la cual podrá acceder cualquier persona desde el lugar en el que se encuentre o en el propio Centro.

A la vez, se busca acelerar el potencial de establecer contactos y negocios nacionales e internacionales y, con ello, brindar muchas ventajas para los emprendimientos de negocios. Entre los beneficios más importantes, se pueden destacar los siguientes:

- La reducción de la brecha digital entre el campo y las ciudades mediante el aprendizaje y el uso de las TIC.
- El acceso a la red Internet acelera notablemente el intercambio de información para todos los sectores y reduce considerablemente los costos de información.
- Las capacitaciones, los seminarios técnicos e interactivos en el Centro de Negocios beneficiarán a los productores en las técnicas, en aspectos de producción y en otros temas relacionados con el mejoramiento de la competitividad y el desarrollo humano en general.
- La posibilidad de que empresas y/o grupos de productores creen sus páginas electrónicas para anunciar los bienes y servicios que se producen en la región.
- Disponibilidad de equipos informáticos: ordenadores, impresoras, scanners, servicios de grabado de discos compactos, etcétera.
- Disponibilidad de telefonía pública.
- Apoyo administrativo.
- Asesoramiento personal (información sobre mercados y oportunidades de negocio).
- Asesoramiento empresarial (información acerca de procesos de producción).

6. Aspectos de mercado

Por una parte, la población del Municipio de Coroico en general hará uso de los distintos servicios ofrecidos por el Centro. Por otra parte, será utilizado por los visitantes o turistas, quienes forman parte de otro segmento de mercado importante. En este sentido, se destacan los siguientes aspectos de mercado:

- Las diferencias en el grado de conocimiento de las tecnologías y la red Internet se deben, principalmente, a la incomunicación de las localidades aledañas al municipio de Coroico y al alto costo del uso de la red Internet. Pero más allá de sus posibilidades económicas, se observa que, en su mayoría, los pobladores de la región, tanto gente joven como adulta y adulta mayor, están informados sobre los beneficios que pueden obtener de la tecnología.
- La posibilidad de capacitarse en el manejo de la tecnología, es decir, el uso de la computadora y la red Internet utilizadas como herramientas alternativas de trabajo, se relaciona con el comercio, los negocios, el mercados, el *marketing*, y la producción con calidad y técnicas agrícolas.
- Se valora en Coroico la oportunidad de tener una ventana al mundo mediante la cual sea posible gestionar inversiones, así como establecer contactos de negocios.
- Se considera importante la posibilidad de recibir información específica, actualizada y seleccionada para su sector. Este tipo de proyectos relacionados con la tecnología son escasos y, por ende, altamente apreciados. Por ello, es la misma ciudadanía quien demanda la reducción de la brecha digital.
- La página web debe convertirse en la carta de presentación del sector productivo de Coroico y además mostrar al mundo información específica a los productores.
- Para el resto de los servicios ofrecidos por el Centro, se toma en cuenta a toda la población del municipio. Es importante mencionar que las organizaciones sociales productivas e instituciones existentes en el municipio forman parte esencial de las actividades de capacitación y asistencia técnica principalmente, puesto que son las directas beneficiarias del Centro.

7. Tamaño y localización

Luego de gestiones realizadas con las autoridades de la municipalidad de Coroico, se logró que accedieran a firmar un acuerdo mediante el cual la Alcaldía transferirá a los inversores un terreno dentro del área urbana de 200 m^2 aproximadamente. Asimismo, el Centro de Negocios Electrónico podrá acceder a personal que tenga un grado de educación con requerimientos mínimos. Por último, la zona urbana del municipio de Coroico cuenta con servicios de conectividad, energía eléctrica y agua potable.

8. Inversiones

Como se aprecia en el Cuadro 3, el plan de inversiones contempla una serie de aspectos a considerar.

Cuadro 3. Plan de inversiones del CNE (US$)

Concepto	US$
Inversión en activos fijos	**99.817**
Terreno*	19.802
Muebles y equipamiento	32.637
Obras civiles	45.256
Instalación de red	2.122
Inversión en activos diferidos	**8.056**
Estudios	1.485
Diseño y elaboración de la página Web y base de datos	608
Puesta en marcha	707
Capacitación y sensibilización previa	3.100
Publicidad propaganda y promoción	1.400
Gastos legales*	756
Capital de operaciones	**4.300**
Total inversiones	**112.173**

Fuente: elaboración propia. (*) Se estima un 18% de aporte propio.

9. Evaluación económica y social

Los resultados para el análisis de rentabilidad muestran que el proyecto, a una tasa de oportunidad del 16%, determina indicadores de VAN = 30.215; Tasa Interna de Retorno de 22% y relación beneficio-costo de 1,21.

El impacto social es igualmente positivo, toda vez que este proyecto, inédito en el municipio de Coroico, beneficiará a la población en general —niños, jóvenes y adultos—, dado su carácter de centro facilitador del proceso de cierre de la brecha digital y de promotor de generación de información útil para la toma de decisiones en materia de producción, de comercio, de servicios, de tecnología, de recursos y de otros relacionados con la mejora de la competitividad y productividad.

10. Conclusiones

La implementación del Centro de Negocios Electrónico en el Municipio de Coroico permitirá mejorar las condiciones socioeconómicas de los productores y de la población en general.

El apoyo del gobierno municipal de Coroico se constituye en un aspecto importante para el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto, principalmente en lo que respecta al soporte físico, el apoyo logístico, el contacto y la cooperación de otras instituciones.

El flujo turístico ha motivado el desarrollo de infraestructura en telecomunicaciones (salas de Internet y cabinas telefónicas), esto favorecerá a la sostenibilidad del centro y a la promoción de productos y generación de negocios.

La página web es la herramienta de *marketing* del sector productivo del municipio, por lo cual es un medio de obtención de contactos de negocios y de difusión de su riqueza productiva. El prototipo es flexible; además, puede ser ampliado y ajustado.

Se definió una estructura de funcionamiento para el Centro de Negocios Electrónico que considera la realidad local y que toma en cuenta a las instituciones más importantes para que el proyecto tenga éxito en su implementación, incluyendo a la UMSA, al Gobierno Municipal de Coroico y a organizaciones e instituciones del lugar comprometidas

con el desarrollo productivo y con la formación de recursos humanos en distintas áreas.

Autores

Freddy Gutiérrez Barea: Magister en Gestión y Auditorías Ambientales, Universidad Politécnica de Cataluña. Ingeniero Industrial, Carrera de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: freguba@yahoo.es.

Marcelo Álvarez Ulloa: Ingeniero industrial. Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: marce.alvarez1@hotmail.com.

Gayle Quinteros Hernández: Licenciada en Informática. Carrera de Informática. Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: gayle_qh@yahoo.es.

Benjamín Siles Ballivián: Ingeniero Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: benjamin_siles@hotmail.com.

Recuperación de oro a partir de piritas auríferas



Sector de amalgamación de concentrados *jigs* y mesas con mercurio del campamento de la Cooperativa Cotapata Ltda. Fotografía: Armando Álvarez.

Armando Álvarez Quispe (coord.)

Luis Cervando Chambi Viraca
Germán Núñez Aramayo
Facultad de Ingeniería-Instituto de Investigaciones Metalúrgicas y de Materiales
Facultad de Ciencias Geológicas-Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente

1. Antecedentes y justificación

Bolivia se caracteriza por ser un país minero en el cual la minería cooperativizada desarrolla su actividad de explotación como una modalidad tradicional en el sector. Durante las tres últimas décadas, por la baja en la cotización del estaño en el mercado internacional (1985), la actividad minero metalúrgica estatal se redujo sustancialmente, lo que originó una creciente desocupación (1985-2000), con un consiguiente problema social. Muchos de los trabajadores mineros despedidos de las empresas estatales se incorporaron a la actividad minera en el departamento de La Paz, y forman parte de las asociaciones cooperativizadas. Éstas centran sus actividades en la explotación del oro, mineral que actualmente goza de una alta cotización en el mercado internacional, que muestra una importante tendencia a incrementarse, lo que hace atractiva su explotación. Sin embargo, este sector no ha merecido una asistencia técnica adecuada por parte de las entidades gubernamentales, salvo casos aislados como el Programa Medio Ambiente, Minería e Industria (Medmin) asistido por la Cooperación Suiza. En consecuencia, la información técnica generada también es reducida.

En la encuesta técnica realizada por el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas y de Materiales (IIMETMAT) de la UMSA en el norte del departamento de La Paz, en el año 2005, se establece que las cooperativas auríferas desarrollan actividades de explotación y beneficio utilizando tecnologías rudimentarias, en algunos casos, con escasa mecanización. Ésta se produce en las etapas de preparación de minerales (trituración y molienda del mineral aproximadamente menor a 1,5 mm de tamaño), de concentración gravimétrica (obtención de productos con mayor valor agregado utilizando maquinarias como:

jigs y mesas vibratorias), seguidas de la amalgamación de concentrados (separación de oro físico vía uso de mercurio metálico). En esta modalidad de trabajo, uno de los productos de mayor importancia económica corresponde a los residuos de amalgamación (piritas auríferas), cuyas leyes oscilan entre 30 a 50 g Au/t. Sin embargo, ante la imposibilidad de su procesamiento *in situ*, este material es comercializado a instituciones del exterior del país a un precio muy bajo (50 a 200 US$/t de piritas auríferas).

Con la finalidad de buscar una alternativa de procesamiento de piritas auríferas para recuperar su contenido de oro, el IIMETMAT realizó varios trabajos de investigación aplicada. El primer estudio fue realizado en el año 1999, utilizando tecnologías convencionales como la cianuración de oro, previa calcinación de piritas, procedimiento poco practicado en nuestro medio por su alto costo de operación. Posteriormente, se desarrolló uno de los trabajos de investigación más notorios en el tratamiento de piritas auríferas, aplicando fuerzas centrífugas producidas por los equipos de concentración centrífuga (tecnología limpia). Los resultados de este estudio se reportaron en el artículo "Alternativas de procesamiento de piritas auríferas para la disminución de impactos ambientales" (Álvarez y Rocha, 2007).

Los resultados de los trabajos del IIMETMAT que se consignan en el presente resumen ejecutivo fueron realizados en la Cooperativa Cotapata Ltda.

Una metodología convencional para el procesamiento de piritas auríferas es la cianuración de oro, previa calcinación de piritas. La recuperación de oro a partir de la solución preñada se efectúa, ya sea por precipitación con zinc (*Merril Crowe*) o por electrólisis.

Esta metodología es aplicada en empresas grandes donde el cuidado del medio ambiente es una prioridad. Sin embargo, en la minería cooperativizada, su aplicación presenta dificultades debido a diversos factores, entre otros, la contaminación producida en el área de influencia por el manipuleo del cianuro, la generación de gases en la etapa de calcinación, la formación de compuestos químicos complejos y otros.

Una alternativa para una óptima recuperación de oro fino a ultra fino sin que se requiera el uso de mercurio es la concentración centrífuga (Clifoord, 1999; Hinojosa y Salas,1998); este procedimiento

aumenta la fuerza de gravedad haciendo que la separación se realice a un valor de varias veces la gravedad, por lo que los equipos que usan este principio sean más eficaces respecto a los convencionales (Sandvick y Rein, 1977; Fedotov *et all.,* 1997).

Sin embargo, el sector de las cooperativas auríferas confronta dificultades respecto a la aplicación de la tecnología centrífuga, principalmente por el desconocimiento de las características de liberación de las menas auríferas ligado al control de operación en los circuitos que involucren a los equipos centrífugos.

Por lo anterior, se justifica plenamente la instalación de una planta piloto semiindustrial que, en su circuito, considere un equipo centrífugo (tecnología limpia) como parte principal del circuito.

Con este circuito, se pretende recuperar oro físico libre contenido en las piritas sin que sea preciso el uso de mercurio. Además, la planta piloto se usará para capacitar al operador de planta de las cooperativas. Sin lugar a dudas, esto permitirá más adelante el desarrollo armónico del procesamiento de menas de oro y, en este caso particular, del procesamiento de piritas auríferas.

2. Objetivo del proyecto

El objetivo principal del proyecto es aprovechar integralmente las piritas auríferas para recuperar su contenido de oro mediante la instalación y puesta en marcha de una planta piloto semiindustrial para el tratamiento, con tecnología limpia, de piritas auríferas provenientes de las distintas cooperativas auríferas del departamento de La Paz.

3. Problemática que soluciona el proyecto

En la minería cooperativizada, no se ha analizado con profundidad la recuperación de oro en rangos de tamaño extremadamente finos (100 a 10 micrones) de difícil recuperación por procedimientos gravimétricos convencionales, particularmente a partir de piritas auríferas, frecuentes en los yacimientos primarios (Clifoord, 1999).

En el departamento de La Paz, las cooperativas mineras que cuentan con algún grado de mecanización para la recuperación de oro a partir de minerales de yacimientos primarios, utilizan el proceso de

concentración gravimétrica (*jigs*, mesas vibratorias y canaletas), previa preparación de la mena. En esta modalidad de trabajo, obtienen productos concentrados con alto contenido de sulfuros, los cuales son sometidos a una operación de amalgamación con mercurio. En la mayoría de los casos, la amalgamación con mercurio metálico se realiza en la etapa de molienda (Álvarez, 2006). Esta modalidad de trabajo repercute directamente en:

Una baja recuperación de oro. Parte del oro se pierde junto a las piritas auríferas al ser considerado como material refractario, además, porque el mercurio no amalgama el oro en tamaño muy fino. Por esta razón, la recuperación en el proceso no es mayor del 50%.

Contaminación ambiental por uso de mercurio e iones pesados. Los relaves de esta operación que contienen de mercurio fino la "harina de mercurio", se descartan al medio ambiente junto a las piritas auríferas, lo que da lugar al Drenaje Ácido de Roca (DAR) que con el tiempo descompone los metales pesados que luego van a parar al lecho de los ríos.

A través de la implementación de la planta piloto, se pretende utilizar una nueva alternativa para la recuperación de oro a partir de piritas auríferas mediante la tecnología conocida con "limpia", debido a que no utiliza reactivos químicos.

4. Elementos innovadores del proyecto

Los procedimientos gravimétricos convencionales permiten recuperar oro con relativo éxito en partículas mayores a 75 micrones; sin embargo, cuanto menor sea el tamaño de partículas, mayor será la importancia de las fuerzas de viscosidad y fluidez en relación a la densidad. De ahí que la eficiencia en la separación disminuya drásticamente cuando las partículas son más finas (Clifoord, 1999; Hinojosa y Salas,1998; Álvarez, 2006; Álvarez y Rocha, 2007), como es el caso del oro contenido en piritas auríferas. Ante la necesidad de contar con una tecnología que permita recuperar partículas cada vez más finas, se han desarrollado varios estudios en los que se ha tratado de sustituir las fuerzas gravitacionales por fuerzas centrífugas.

Los equipos de concentración centrífuga, a diferencia de los convencionales (mesas, canaletas, etcétera), aumentan la fuerza gravitacional

para que la separación se efectúe a un valor de varias veces "la gravedad". Esto permite que sean más eficaces que los equipos convencionales, ya que la concentración de partículas de mayor peso específico se realiza más fácilmente (Clifoord, 1999; Álvarez, 2006).

Al respecto, en el IIMETMAT se han desarrollado varios trabajos de investigación aplicada cuyos resultados obtenidos son bastante alentadores, particularmente en relación con el procesamiento de piritas auríferas (Álvarez y Rocha, 2007). Precisamente, de acuerdo a estos resultados y a las bondades operacionales de los equipos centrifugadores, es que se propone la implementación de la Planta Piloto, en la cual la etapa más importante está constituida por la concentración centrífuga, proceso nuevo y eficiente (tecnología limpia) que no es conocido aún en el sector de la minería cooperativizada.

5. Productos generados

La implementación del proyecto tiene el objetivo de la obtención de *oro*. Para lograr este propósito, se tiene completamente definido el proceso de recuperación de oro a partir de piritas auríferas.

6. Aspectos del mercado

6.1. Oferta mundial de oro

Los principales componentes de la oferta de oro son: la producción mundial de mina, la recuperación de oro a partir de chatarra y las ventas de reservas de los Bancos Centrales.

Producción mundial de mina. La explotación minera experimentó entre los años 2004 a 2006 una disminución promedio anual de 1,4%. Esto se debió a una menor producción en casi todas las áreas geográficas, debido a los altos costos de producción (más de 300 US$/o.t.) y a la baja cotización del oro en el mercado mundial (300 a 340 US$/o.t.).

Reciclaje de chatarra de oro. Otra fuente importante de la oferta para el mercado mundial es el reciclaje a partir de joyas y fusión de monedas. Durante los últimos años, el uso de chatarra de oro muestra un incremento de 25% como resultado de un incremento en los precios del oro. La chatarra en el año 2006 representó el 28% de la oferta total de oro en el mundo.

Venta de Bancos Centrales. El año 2006, las ventas oficiales alcanzaron el 51%, porcentaje menor respecto a las ventas oficiales del año anterior.

6.2. Demanda mundial de oro

Para el año 2006, la demanda registró una disminución de 3% con respecto al año anterior, la que se explica en gran medida por la importante disminución de 16% en la demanda del sector de la joyería, afectado por su alta sensibilidad al precio y por la competencia de joyería de aleaciones de oro de menor valor. Entre 2007 y 2009, la demanda creció a un ritmo de 2% anual.

Los sectores más importantes en la demanda son la joyería y la electrónica que, en conjunto, alcanzan a más del 88% de la demanda para el proceso de fabricación.

6.3. Cotización internacional del oro

El incremento en la cotización del oro desde el año 1971 tiene relación con los sucesos de inflación (devaluación de monedas) y el alza en el precio del petróleo en el mercado internacional. A partir del año 2000, el precio internacional del oro ha tenido un ascenso continuo como consecuencia de la inestabilidad política, social y económica por la que atraviesan los países más influyentes en la economía mundial y su relación con la estabilidad del dólar, porque el oro se toma como reserva de valor. En el Cuadro 1, se muestra la evolución de la cotización internacional del oro.

Cuadro 1. Cotización internacional del oro (US$/OTF)

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Precio	279,30	271,19	310,08	363,83	409,53	444,98	604,34	696,46	872,37	997,20

Fuente: London Bullion Market Association.

6.4. Mercado nacional

En Bolivia, la cotización del oro, como sucede con otros metales de carácter internacional, está regida por los precios vigentes a nivel mundial. En el pasado, la producción nacional estaba dirigida al

Fondo Nacional de Reserva del Banco Central de Bolivia, compra que se realizaba a través del Banco Minero de Bolivia.

Con el transcurrir de los años y el cierre de operaciones del Banco de Fomento citado en el párrafo anterior, la producción, particularmente del sector de la minería cooperativizada, es absorbida por el mercado local (joyerías artesanales y rescatadoras). Para la venta de oro en el mercado local, se toma en cuenta la cotización internacional; en algunos periodos, el precio de venta es levemente superior a la internacional.

7. Tamaño y localización

7.1. Tamaño de la planta piloto

Para la estimación de la capacidad de procesamiento de la planta piloto, se ha considerado, por una parte, la producción de piritas auríferas de la Cooperativa Aurífera Cotapata Ltda., que asciende a alrededor de 15 TMM con posibilidades de incrementar esta producción, y por otra, la producción de varias cooperativas mineras en actual operación en el departamento de La Paz, que está en aproximadamente 45 TMM. Para los fines que persigue el proyecto, la captación de parte de la producción anteriormente mencionada será a través de compra directa. Bajo estas consideraciones, la planta piloto semiindustrial que se propone es de una capacidad de procesamiento de 30 toneladas por mes.

7.2. Localización

La planta piloto semiindustrial estará localizada en las dependencias del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas y de Materiales de la UMSA, donde se cuenta con la infraestructura necesaria en cuanto a disponibilidad de energía eléctrica, agua, taller mecánico y eléctrico de mantenimiento y otros servicios básicos necesarios. Además, al tratarse de una nueva tecnología, se requerirá de un control continuo del circuito de procesamiento a cargo de personal técnico especializado que esté estrechamente ligado a esta tecnología; esto sólo puede ser encarado en el IIMETMAT. Otra justificación para la localización es que la mencionada planta piloto se utilizará como un centro de capacitación técnica para los operadores de ingenio de las cooperativas (beneficiarios del proyecto), a fin de incentivar la producción de menas

refractarias que actualmente no son aprovechadas en su real magnitud en este sector industrial tan importante de la región.

8. Circuito de procesamiento

En base al flujograma experimental y a los resultados obtenidos en esa etapa, se ha desarrollado el circuito que se muestra en la Figura 1 para la implementación de la planta piloto destinada al procesamiento de piritas auríferas.

9. Plan de inversiones

El resumen total de las inversiones requeridas para el proyecto de la planta piloto se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Inversiones de la planta piloto de piritas auríferas (US$)

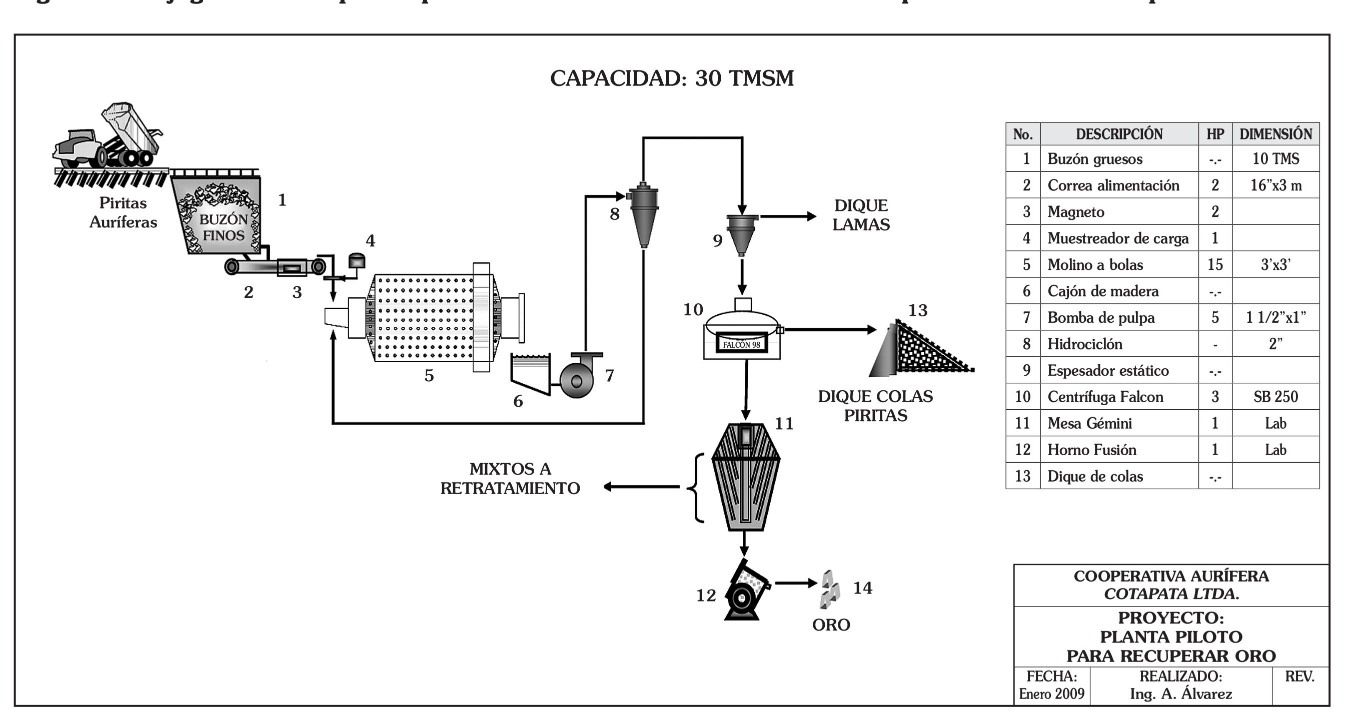
Item	Descripción	Importe total (US$)
1	Maquinarias y equipos	31.378
2	Construcciones civiles	10.721
3	Instalaciones básicas	5.365
4	Oficinas, talleres y servicios	1.550
6	Capital de operación	11.879
7	Capacitación	300
8	Imprevistos	3.060
Total inversión		**64.253**

Fuente: elaboración propia.

10. Evaluación económica y social

El presupuesto de ingresos, costos y utilidades anuales muestra una proyección positiva para los seis años de operación del Proyecto. El flujo de fuentes y el uso de fondos del Proyecto permitieron establecer una adecuada capacidad de pago del proyecto y determinar flujos netos anuales con un superávit que denota la rentabilidad financiera de la inversión.

Figura 1. Flujograma de la planta piloto semiindustrial. Procesamiento de piritas auríferas. Propuesta.



No.	DESCRIPCIÓN	HP	DIMENSIÓN
1	Buzón gruesos	-.-	10 TMS
2	Correa alimentación	2	16”x3 m
3	Magneto	2	
4	Muestreador de carga	1	
5	Molino a bolas	15	3’x3’
6	Cajón de madera	-.-	
7	Bomba de pulpa	5	1 1/2”x1”
8	Hidrociclón	-	2”
9	Espesador estático	-.-	
10	Centrífuga Falcon	3	SB 250
11	Mesa Gémini	1	Lab
12	Horno Fusión	1	Lab
13	Dique de colas	-.-	

La rentabilidad ha sido cuantificada a partir del cómputo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, para un horizonte de seis años de actividad. Para estimular la acogida de las instituciones que canalizan financiamientos a nuevas actividades emprendedoras, se consideró que una tasa de descuento del 12% anual constituye una medida razonable del costo de oportunidad del capital. Con esta tasa de descuento, se actualizaron los Flujos Netos del proyecto y se obtuvo un VAN de 122.195 US$, que muestra la conveniencia de la Inversión. Con los resultados obtenidos en el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), se ha establecido la Tasa Interna de Retorno. El valor calculado es de 38%. Este indicador confirma y demuestra el alto grado de rentabilidad de la inversión.

Para el análisis de sensibilidad, se han considerado variaciones en la Capacidad de la Planta Piloto; en la Ley de cabeza del mineral; en la cotización internacional de oro y en la recuperación metalúrgica obtenida en la planta. El resumen de los resultados se expresa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de sensibilidad del proyecto

Variables	Indicador límite
Cotización de oro (US$/o.t.)	731,34 US$/o.t.
Ley de cabeza (g Au/TMS)	30,58 g Au/t.
Capacidad planta piloto (t/mes)	24.96 t/mes
Recuperación metalúrgica (%)	52%

Fuente: elaboración propia.

La evaluación social es positiva desde el punto de vista de una inversión que es capaz de generar empleos directos, indirectos y una fuerza de trabajo calificada en el ámbito tecnológico de la minería y de la transformación industrial del oro. Las familias que dependen de las cooperativas auríferas podrán mejorar sus ingresos económicos y hacer inversiones sociales en el marco de sus estatutos, en procura de mejorar sus condiciones de vida y su desarrollo humano.

11. Conclusiones

- El Proyecto de la Planta Piloto para el tratamiento de Piritas Auríferas es técnica y económicamente factible.

- El proceso metalúrgico a ser implementado (tecnología limpia) es apropiado para el procesamiento de piritas auríferas donde el elemento valioso se encuentra finamente diseminado, algo muy característico de los minerales auríferos de nuestra región.
- Desde el punto de vista económico y financiero, la baja inversión para la ejecución del proyecto y su alta capacidad de generación de flujo de fondos se reflejan en una alta Tasa Interna de Retorno (38%) y un Valor Actual Neto igual a los 122.195 US$ a una tasa de corte del 12%.
- El análisis de sensibilidad efectuado para variaciones en la cotización internacional de oro, capacidad de procesamiento, tenor de alimentación y recuperación metalúrgica muestra la solidez del proyecto.

12. Bibliografía

Álvarez A. (2006). "Concentración centrífuga, una alternativa para recuperar oro fino a partir de residuos gravimétricos". *Tecnologías limpias en industrias extractivas. Jornadas Iberoamericanas.* Santa Cruz, Bolivia: CYTED.

Álvarez A., Rocha J. (2007). "Alternativas de tratamiento de piritas auríferas para la disminución de impactos ambientales". *VII Conferencia Internacional sobre Tecnologías Limpias-Industria Minera.* Buzios, Brasil: CYTED.

Clifoord D. (1999). "Concentración Gravimétrica". *Mining Journal* [Edición en español]. Septiembre Vol. 181, No. 3.

Fedotov K. V., Beloborodov V. I., Leonov S. B. y Lestra K. H. (1977). "Recovery of fine gold using efficient gravity separators". *XX International Mineral Processing Congres,* Aachen, Alemania: Publisher: GDMB Gesellschaft fur Bergbau, Metallurgie, Rohstoff-und Umwelttechnik.

Hinojosa O., Salas A. (1998). "Concentración centrífuga de menas estanníferas". III Congreso Nacional de Metalurgia y Ciencia de los Materiales. Oruro, Bolivia: Facultad Nacional de Ingeniería. Carrera de Metalurgia.

Sandvick K., Rein A. (1977). "Gravity separation of bulk products in centrifugal fields". *XX International Mineral Processing Congres.* Aachen, Alemania: Publisher: GDMB Gesellschaft fur Bergbau, Metallurgie, Rohstoff-und Umwelttechnik.

Taggart H.F. (1968). *Elementos de preparación de minerales.* Madrid: Ediciones Interciencia.

Autores

Armando Alvarez Quispe: Ingeniero metalurgista. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas y de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: armando_1781@hotmail.com.

Luis Cervando Chambi Viraca: Ingeniero metalurgista. UMSA. Especialista en medio ambiente, Carrera de Ingeniería Civil-UMSA. Maestría en Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción de Chile (en curso). Instituto de Investigaciones Metalúrgicas y de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: vando_vch@yahoo.es.

Germán Núñez Aramayo: Ingeniero geólogo. Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Mayor de San Andrés, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: gernuara@mixmail.com.

Industrialización del tarwi en el municipio de Carabuco



Cultivo de tarwi en la comunidad San Miguel de Yaricoa. Fotografía: Rocío Peñaloza.

Hugo Mobarec Clavijo (coord.)

Rocío Peñaloza Ríos
Martin Ríos López
Claudia Mamani Choque
Facultad de Ingeniería-Instituto de Investigaciones Industriales

1. Antecedentes y justificación

En la actualidad, la tendencia para el consumo de productos alimenticios naturales se acrecienta día a día; la preferencia del consumidor se orienta a productos orgánicos de excelente calidad, dejando en segundo plano el precio. Es el caso de la quinua y de la soya, que han logrado una posición bastante competitiva en el mercado nacional e internacional al presentarse como alimentos que pueden utilizarse para varios fines desde la alimentación infantil hasta ser utilizados como ingredientes de recetas de pastelería. A lo anterior se añade el potencial agrícola que tiene la región altiplánica del departamento de La Paz, sobre todo, Puerto Mayor de Carabuco.

Dentro del conjunto de productos agrícolas, se encuentra el tarwi, que es una especie nativa de mucho valor alimenticio. Sin embargo, no se cultiva y explota a mediana o gran escala, pese a que puede constituir la principal fuente de proteínas del altiplano una vez que se incorpore a la oferta de cereales, sobre todo, en la panificación. Esto se debe al sabor amargo que tiene. Mas, si se supera el obstáculo de los factores antinutricionales en el grano de tarwi con un procedimiento de desamargado eficiente (planteado en el presente proyecto), se puede comercializar la harina como un producto natural de características superiores a otras harinas como la de soya y la de amaranto, por su alto contenido en proteína de primera calidad.

2. Objetivos del proyecto

2.1. Objetivo general

Implementar una planta piloto de industrialización de harina de tarwi en el municipio de Carabuco para la elaboración de alimentos

para consumo humano aprovechando las propiedades nutritivas del grano.

2.2. Objetivos específicos

a. Describir las propiedades nutricionales y beneficios del producto.

b. Determinar la demanda y aceptabilidad de la harina de tarwi a través de un estudio de mercado.

c. Presentar la mejor localización para el proyecto.

d. Diseñar el proceso de transformación de acuerdo con la tecnología del lugar.

e. Determinar la factibilidad económica y social del proyecto.

3. Problemática que soluciona el proyecto

El tarwi, un grano altamente nutritivo conocido desde hace muchos años en el área andina, es un potencial alimenticio con el cual se pueden obtener productos que coadyuvarían a combatir la crisis alimentaria actual, especialmente en el área rural de escasos recursos. Pese a su importancia, este grano, no está siendo debidamente aprovechado en la actualidad; su difusión como cultivo se ha visto restringida por contener factores antinutricionales (alcaloides) en sus semillas, los cuales le confieren un característico sabor amargo. Por ello, es importante desde el punto de vista industrial realizar la extracción de los mismos para su posterior transformación.

4. Elementos innovadores del proyecto

Se parte del hecho de que se está utilizando materia prima no aprovechada al cien por ciento en la actualidad. Ante esto, se propone su producción. El producto es nuevo a nivel nacional, ya que no hay ninguna empresa que elabore harina de tarwi inocua; ésta se produce a nivel artesanal con granos de tarwi desamargados en el río.

La tecnología utilizada en el proyecto es una mezcla del conocimiento recopilado de todas las experiencias en laboratorio y es nueva en el tratamiento del tarwi, porque incorpora el descascarado con una mezcla de cocción.

5. Productos generados

A través de la industrialización del tarwi, es posible obtener harina (producto principal) y también un plaguicida orgánico resultante del proceso de desamargado del grano (extracción de alcaloides).

5.1. Harina de tarwi

La harina de tarwi es rica en proteína de primera calidad por su alto contenido en lisina y cistina, aminoácidos esenciales deficientes en los cereales; su bajo contenido en aminoácidos sulfurados (metionina deficiente en las leguminosas) hace que sea un producto complementario y fortificador de harinas. Por las características de la harina de tarwi, se puede concluir que es un alimento bastante nutritivo cuyo consumo puede ser recomendado para personas de cualquier edad.

5.2. Plaguicida

Es un residuo utilizable del proceso de desamargado de tarwi del que se aprovechan los alcaloides. Es muy útil en la eliminación de plagas como pulgones y la pulguilla saltona de la papa (*Epitrix subcrinita*), así como del gorgojo de los andes (*Premnotripes solani*). Con la ayuda de una aspersora, se aplica el líquido en los rastrojos de los cultivos para evitar la puesta de huevos por gorgojos adultos y, de esta manera, evitar su ataque desde estadios iniciales del cultivo.

6. Aspectos de mercado

6.1. Características del mercado

Luego de un sondeo de mercado en la ciudad de La Paz, se puede concluir que el mercado potencial de la harina de tarwi en presentación de 200g corresponde a personas mayores de 30 años, amas de casa pertenecientes al estrato de ingresos bajos y medios de la población, ascendiendo a un 34% del total de encuestados. Se trata de una población que cuida la salud y el bienestar de su familia al comparar los beneficios que les pueden brindar los productos andinos pagando un precio justo.

Los clientes potenciales del consumo de la harina de tarwi son las panaderías, puesto que se presenta el producto como fortificador de la harina de trigo para la elaboración de pan. Así, un mercado objetivo para este producto son las empresas que elaboran el desayuno escolar.

6.2. Demanda y oferta de la harina de trigo

Las cifras del Cuadro 1 muestran que el consumo aparente de harina de trigo ha crecido en 70% entre el 2000 y el 2007, lo que ha sido satisfecho por la producción nacional, por importaciones y por donaciones. El Sistema Boliviano de Productividad y Competitividad reporta que el contrabando de harina asciende a la suma de 200.000 toneladas/año, pero que un contingente importante de harina es reexportado. De esta forma, el análisis de la demanda de harina de trigo en el país refleja la dependencia de las importaciones y donaciones, cuando tenemos productos como la harina de tarwi que pueden reemplazar esta dependencia. Esta harina, presentada como fortificadora de la harina de trigo para mejorar el valor nutritivo del pan, se convierte en una excelente alternativa.

Cuadro 1. Producción, importaciones, donaciones y exportaciones de la harina de trigo en Bolivia (expresado en toneladas)

Año	Producción (P)	Importaciones (I)	Donaciones (D)	Exportaciones (E)	Consumo nacional aparente (CNA)
2000	84.082	148.417	19.054	1.000	250.553
2001	84.615	168.734	18.200	700	270.849
2002	89.360	131.518	46.520	738	266.660
2003	109.561	123.441	59.310	1.124	291.188
2004	108.244	126.799	61.287	1.228	295.102
2005	126.667	135.310	55.205	1.002	316.180
2006	168.334	157.261	42.460	1.970	366.085
2007	158.128	230.070	38.915	2.080	425.033

Fuente: elaboración propia con base en datos del INE, IBCE, ADIM y ANAPO.

6.3. Demanda y oferta de plaguicidas

Por otro lado, los plaguicidas donados para el control y manejo de plagas en su mayoría llegan al país con una fecha de expiración cerca de sus límites. De esta forma, algunos son prohibidos por el Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (Maca), el Servicio Departamental Agropecuario (Sedag) y el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (Senasag) al declararlos como obsoletos, ya que ciertos químicos contaminan suelos y ríos por derrames y falta de medidas adecuadas. En el año 2008, 161 toneladas de estos plaguicidas fueron depositadas en zonas residenciales,

terrenos rurales y cerca de acuíferos. Éstos, además de contaminar el medio ambiente, mantienen latente el peligro de intoxicación de poblaciones, cultivos y animales.

Cuadro 2. Importaciones de plaguicidas, fungicidas y herbicidas (ton)

Año	Importaciones
2001	7.538
2002	10.114
2003	8.412
2004	11.852
2005	15.217
2006	17.364
2007	18.209

Fuente: elaboración propia con base en datos del INE.

6.4. Proyecciones de la demanda

Al ser éste un producto nuevo en el mercado nacional, se estimó la demanda futura del mismo con base en el sondeo de mercado realizado y el cálculo del mercado meta. Se presenta además la demanda potencial, que alcanza el 10% de la harina de trigo, asumiendo que el 13% de esta demanda será sustituido por harina de tarwi; según la descripción del producto, ésta puede agregarse entre un 10 y un 15% como ingrediente complementario a la harina de trigo. Los Cuadros 3 y 4 presentan en detalle las proyecciones efectuadas de la demanda de harina de tarwi y de plaguicida.

Cuadro 3. Proyección de la demanda de la harina de tarwi (expresado en toneladas)

Año	Demanda harina de trigo	Demanda potencial	Demanda harina de tarwi
2008	415.697	41.570	5.404
2009	445.045	44.505	5.786
2010	476.465	47.646	6.194
2011	510.103	51.010	6.631
2012	546.116	54.612	7.100
2013	584.671	58.467	7.601
2014	625.949	62.595	8.137

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4. Demanda de plaguicida de tarwi (expresado en toneladas)

Año	Importaciones proyectadas	Demanda estimada
2009	22.193	1.110
2010	24.097	1.205
2011	26.001	1.300
2012	27.906	1.395
2013	29.810	1.491
2014	31.714	1.586

Fuente: elaboración propia.

7. Tamaño y localización del proyecto

Se identificó la localización del proyecto en el municipio de Carabuco, Cantón San Miguel de Yaricoa Alto, por la disponibilidad de materia prima y de mano de obra con experiencia en el cultivo, además del interés y apoyo de la comunidad y de la Asociación de Productores de Tarwi (ASPROFHY), ya que actualmente en el lugar se cuenta con un centro de acopio y con un terreno perteneciente a la Asociación. El primer año se iniciará con 73 hectáreas y progresivamente se incrementará hasta 108 hectáreas a partir del año sexto. La producción de la planta piloto será de 58 hasta 108 toneladas anuales de tarwi, con lo que se podrá obtener 1.117 qq de harina de tarwi y 389.217 litros de plaguicida.

8. Plan de inversiones

El Cuadro 5 muestra la estructura de inversiones requeridas para la instalación de la planta piloto en Carabuco. El monto requerido es de US$ 100.032.

Cuadro 5. Inversiones de la planta piloto de tarwi

Detalle	(US$)
Activos fijos	**80.673**
Muebles y equipos de oficina	2.500
Construcción	39.840
Maquinaria y equipo	23.333
Vehículo	15.000
Activos diferidos	**13.228**
Gastos de preinversión	1.000
Gastos de constitución	460
Gasto de instalación y montaje	7.640
Transporte La Paz-Carabuco	1.000
Capacitación y transferencia tecnológica	3.128
Activos corrientes	**6.131**
Total	**100.032**

Fuente: elaboración propia.

9. Evaluación económica, social y ambiental

La evaluación efectuada muestra indicadores que denotan las bondades del proyecto, habiéndose obtenido un VAN de US$ 42.307 a una tasa de descuento del 12%. La tasa interna de retorno TIR se calculó en 57%. Por otra parte, la relación beneficio-costo, que es la relación del valor presente de los beneficios entre el valor presente de los costos, tiene un valor positivo calculado en 2.2.

Los impactos sociales generados por el proyecto se pueden resumir en generación de empleos directos e indirectos, aumento en el ingreso de los beneficiarios del proyecto e incremento en el consumo de productos orgánicos a nivel nacional.

Según el Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM), la industria en proyecto se clasificaría en la Categoría 4, "Preparación y molienda de otros cereales", para la elaboración de harina; en el caso del plaguicida, se clasifica en la Categoría 3, "Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario".

10. Conclusiones

- En la actualidad, no hay transformación tecnológica del tarwi, por lo que su uso se restringe al del grano desamargado fresco.
- En el departamento de La Paz, la zona potencial para el cultivo de tarwi es el altiplano norte (orillas del lago Titicaca), al ser el municipio de Carabuco el que presenta mayor cantidad de cultivos del grano.
- En el país, el cultivo de tarwi se realiza sin la utilización de tecnología ni cuidados en pequeñas parcelas, ya que los agricultores consideran al grano como el más resistente entre otras especies.
- Por las características de su cultivo, propiedades físicas y químicas del grano, el tarwi representa un potencial nutricional que puede coadyuvar en la lucha contra la crisis alimenticia, especialmente en las áreas rurales del país.
- Para asegurar el abastecimiento de materia prima en la planta piloto, es necesario no sólo fomentar el cultivo del grano creando mercados, sino mejorar la tecnología de siembra y de cosecha, así como la productividad de los cultivos.
- Luego de los experimentos realizados, el método de industrialización propuesto se adapta perfectamente a las disponibilidades del lugar y a los productores, en cuanto al uso de tecnología se refiere.
- Por el estudio económico-financiero realizado, se puede concluir que la industrialización del tarwi para la producción de harina y plaguicida es viable, presentando a corto plazo beneficios económicos y sociales tanto para los productores, como para la comunidad y la sociedad en general.

11. Bibliografía

Blagrove, R.J.; G.G. Lilley; K.R. Gayler; E.D.Johnson. “Fisiología y bioquímica de la planta: biosíntesis y estructura de las proteínas de reserva del lupino” (págs. 311-324).

Bouthelier, V.; C. Burbano; M. Muzquiz; C. García Aser; A. Rodríguez. *Desamargado del tarwi.* Madrid.

Bouthelier, V.; C. Burbano; M. Muzquiz; C. García Aser; A. Rodríguez. "Aislados y concentrados proteicos de *Lupinus Albus L.* y *Lupinus Mutabilis Sweet*". Madrid (págs. 186-190).

Burbano, C.; M. Muzquiz; I. Rodenas. "Valoración de Ac. Fitico y Alcaloides en harinas, concentrados y aislados proteicos del Gen. *Lupinus".* Madrid (págs. 615-616).

Cecilio Rodríguez Apaza (1997). *Alcaloides Del Tarhui* (Lupinus Mutabilis sweet), *Separación y cuantificación a partir de la semilla y de las aguas de desamargado de la Planta de Chimboco.* Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.

Cossío, Antonio y Antonio Infante. "Uso del tarwi en Programas de nutrición de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (*Lupin use in nutrition programs of J.N.A.E.B.*)". a. Varas 153, Santiago de Chile (págs. 168-174).

Erickson, J.P. y F.C. Elliot. "Sweet With Lupine in Swine Started Diets". USA (págs. 623-624).

Erickson, P. y F.C. Elliot. " Sweet With Lupine in Broiler and Turkey Diets ". USA (págs. 621-622).

Hinojosa, Gilberto. "Utilización y comercialización del tarwi *(L. Mutabilis),* Harina en Programas de Nutrición". Cochabamba, Bolivia (págs. 176-179).

Ivanovic, Daniza; E. Yáñez; D. Ballester. *Estudio de dos sustitutos lácteos en base a lupino dulce.* Chile.

Junge R., Ingo "Uso del Tarwi en vez de comida para peces (lupins instead of fishmeal)". Hualqui, Chile (pág. 175).

Le Gal, M.F. "Quantitative ultrastructural study of the reserve protein of Lupinus Mutabilis. Relationship with the DNA content". University of Nantes (págs. 617-618).

Lehmann, Gunter y Sonja Moeller. *Nueva Tecnología para la producción de harina de lupino en combinación de cereales.* Alemania.

López de Romana, Guillermo; George G. Graham; Enrique Morales; Enrique Massa; William C. McClean Jr. *Calidad proteica y digestibilidad del aceite del* Lupinus Mutabilis: *estudios metabólicos en niños.*

Muzquiz, M., D. Vidal; M. Cassinello. "Saponinas, Sapogeninas y Fitohemaglutininas en semillas de diferentes especies del género lupinos". Madrid (págs. 613-614).

Muzquiz, M.; C. Burbano; V. Bouthlier; C. García, Acer; I. Rodenas; A.R. Marin; A.M. Guillen. “Resultados analíticos del contenido en grasa, proteínas, fibra y alcaloides de diversas variedades y especies del género Lupinus L.”. Madrid (págs. 182-185).

Muzquiz, M.; C. Burbano; V. Bouthlier; C. García, Acer; I. Rodenas; A.R. Marin, “Estudio de los elementos esenciales de distintas variedades de cinco especies del Gen. Lupinus cultivadas y espontáneas de la Península Ibérica”. España (págs. 173-181).

Restani, Patrizia; Paolo Cerletti; Giovanna Semino; Alberto Mariani. *Influence of Conformation on the Digestibility of Lupine Seed Globulins*. Milán, Italia.

Reyes, María y Úrsula Gross. “Utilización del Lupinus Mutabilis en la alimentación humana”. Perú.

Reynoso, Zelmira; Soto Nella; Úrsula Gross; Reiner Gross. *La harina de lupino como sustituto parcial del trigo en la elaboración de galletas dulces.* Lima.

Schoeneberger, H.; R Gross; H.D. Cremer; I. Elmadfa. *La calidad proteica del lupino desamargado con agua en mezclas con otras fuentes proteicas.* Alemania.

Tapia N., Mario E. *Proceso Agroindustrial del Tarwi.* Cusco, Perú.

Tuesta, Luis y Rainer Gross. *El desamargamiento de lupino.* Lima.

Villegas C.R., Vega M., Sifri H., *Empleo de la harina de lupino en la elaboración de galletas para programas de alimentación escolar en Chile.* Chile.

Wink, M. “Fisiología y bioquímica de la planta: biosíntesis y estructura de las proteínas de reserva del lupino” (págs. 311-324).

Zacarías, Isabel; D. Ballester; E. Yáñez; E. Garcia. *Pan con harina de lupino dulce, evaluación biológica y aceptabilidad.* Santiago de Chile.

Autores

Hugo Mobarec Clavijo: Licenciado en ingeniería química. Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: hmobcla@yahoo.com.

Rocío Peñaloza Ríos: Licenciada en ingeniera industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: raquel_rpr@hotmail.com.

Martín Ríos López: Estudiante de la carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés. E-mail: tinorivers@hotmail.com.

Claudia Mamani Choque: Egresada de la Carrera de Química Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés.
Para insertar en las carátulas de cada resumen